

EFFECTOS DE LOS SUBCENTROS URBANOS EN LOS VALORES INMOBILIARIOS. ESTUDIO DEL CASO DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE BARCELONA

Carlos Aguirre Núñez

Constructor Civil, Máster en Gestión y Valoración Urbana UPC

carlos.aguirre@upc.edu

Carlos Marmolejo Duarte

Dr. Arquitecto

carlos.marmolejo@upc.edu

Centro de Política de Suelo y Valoraciones. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I.

Universidad Politécnica de Catalunya.

Jordi Girona s/n Edificio C3-C4. Local LACUP.

Campus Nord. 08034. Barcelona

Teléfono + 34 93 4016396

Palabras clave: Subcentros, Estructura urbana, Región metropolitana de Barcelona

Resumen

En este trabajo, se busca explorar las diferentes formas de determinar los subcentros metropolitanos en una realidad policéntrica. Se plantea un método integrado de identificación, colocando un proceso de validación de subcentros, mediante tres aspectos, la densidad de trabajadores, la movilidad de los trabajadores y la explicación de los valores inmobiliarios.

En ese sentido, se prueban 10 métodos de identificación de subcentros, los cuales van desde los métodos de análisis econométricos a análisis de modelos gravitacionales y espaciales. Se prueba además dos versiones de densidad de trabajadores, presentando una densidad denominada vectorial que es la norma del vector construido con la densidad de trabajadores entrantes y trabajadores residentes.

El método permite establecer un conjunto de 15 municipios que actúan como subcentros metropolitanos, explicando la densidad, la movilidad y la formación espacial de los valores inmobiliarios.

1. Introducción

Bajo el modelo monocéntrico, caracterizado por un claro dominio del CBD en términos de concentración del empleo, florecieron las principales teorías de la economía urbana. Entre ellas, destaca la de la renta ofertada (*bid rent*), que establece una relación de inversa proporcionalidad (*trade-off*) entre la renta que los localizadores están dispuestos a transferir al suelo, y el coste del transporte (incluido el valor del tiempo). De manera que las localizaciones más accesibles, es decir las más céntricas en el modelo monocéntrico, son precisamente aquellas cuyos suelos reciben más renta (i.e.: en dónde se crea el pico más alto del valor del suelo). Sin embargo, el paradigma actual de los sistemas urbanos metropolitanos se encuentra abismalmente alejado del modelo monocéntrico, entre tanto: a) el CBD no suele concentrar la mayor cantidad del empleo metropolitano, y b) el resto del empleo o bien se encuentra disperso o bien aglomerado en subcentros. La progresiva aparición y consolidación de sistemas complejos, en parte dispersos y en parte policéntricos, ha sido pues, la línea de desarrollo urbano de las últimas décadas del siglo XX. Por esta razón McMillen y Schmith (2003), afirman que las ciudades ya no son monocéntricas, por lo cual los modelos basados en Alonso (1964) y Muth (1969) deberían ser revisados y revisitados desde sus supuestos básicos.

Así las realidades monocéntricas han dado paso a ciudades con diferentes subcentros en diferentes grados de policéntrismo. Es por eso, que esta investigación explora los métodos de detección de subcentros, existentes en la literatura y plantea una propuesta de validación ya que según la definición adoptada por los autores, los métodos tradicionales no rescatan la totalidad de los aspectos que subyacen en un subcentro.

2. Los Subcentros Urbanos y su función en el territorio

Un subcentro es un punto en el espacio metropolitano caracterizado no solo por tener una densidad de trabajadores sensiblemente superior a la de sus vecinos, sino y sobre todo, por ser capaz de ejercer una influencia sobre su entorno. Dicha influencia puede verse reflejada mediante el flujo de trabajadores o compradores que acuden a él desde sus residencias, o por una modificación del manto de valores y de intensidad de uso del territorio alrededor de él. Un subcentro también debería ser un punto de referencia en el territorio con una fuerza identitaria tal capaz de ser reconocible por su vecindario.

Desde los primeros modelos espaciales, como el de von Thünen de 1826, hasta los de Krugman y Fujita, la auto-organización del espacio se ha planteado mediante la integración de tres procesos íntimamente relacionados entre sí, a saber: 1) la formación espacial de la renta del suelo, 2) la configuración de usos del suelo, y 3) la intensidad de uso del espacio. Valor, uso y densidad son, por tanto, las tres caras de una misma moneda; en cuyo trasfondo subyacen los costes de transporte-tiempo erogados al superar el espacio y las externalidades de aglomeración que, como propiedad emergente, surgen de la concentración de localizadores. En este sentido Bertaud (2002) ha enfatizado que las fuerzas que forman y mantienen el subcentros están en relación con la eficiencia y eficacia del sistema de transporte. White (1999), ha señalado que en el proceso de generación de subcentros existen factores exógenos y endógenos importantes, como las economías de aglomeración.

O'Sullivan (2007) ha sugerido, por su parte, que la jerarquía de los subcentros es una función del tipo de actividades que concentran y de la intensidad con la que se concentran.

Desde la perspectiva de la densidad de trabajadores la naturaleza de los subcentros, se encontrará definida por su capacidad de atracción de estos territorios como centros laborales y por ende de viajes obligados, en reemplazo al CBD (Central Business District, o distrito central de negocios).

Bertaud (2002), Plantea las diferencias entre las ciudades monocéntricas y policéntricas dependerá del nivel de reemplazo o sustitución en los destinos de los patrones de viajes obligados, y que ninguna ciudad es 100% monocéntrica ni 100% policéntrica. En un intento de clasificación define de forma teórica, en 4 grandes estadios:

- 1.- Una ciudad con preponderancia del CBD y sin subcentros identificables, la mayoría de los viajes se concentran en desde la periferia hacia el CBD. Esta categoría sería la ciudad monocéntrica.
- 2.- Una ciudad donde el CBD y los subcentros ejercen lazos de fuertes de atracción de trabajadores y existe atracción de los subcentros entre sí, pero en menor grado. (Urban Village, ideal de planeación)
- 3.- Una ciudad basada en un sistema policéntrico equipotencial, donde no existe una preponderancia del CBD respecto a los subcentros, ni entre estos últimos. Esta categoría sería la ciudad policéntrica.
- 4.- Una ciudad a medio camino entre las monocéntricas y las policéntricas. Este modelo corresponde a jerarquías no bien definidas, ya que el CBD mantiene su jerarquía atrayendo los viajes, pero los subcentros también compiten con él, aunque no de forma equipotencial.

Desde esa óptica, los métodos de identificación y validación de subcentros, deberían ser lo suficientemente robustos para que establecer estas jerarquías y aun más permitir que este diferencia de potencial sea considerado en su validación.

3. Estado del arte

En la literatura existen dos familias de métodos diseñadas para detectar subcentros laborales (véanse los excelentes estados del arte realizados por Muñiz, 2003 y 2005; y Roca, et al. 2010) La primera basada en el análisis de la distribución de la densidad (p.e.: puestos de trabajo/superficie urbanizada) y la

segunda es funcional y está basada el análisis de la movilidad (p.e.: residencia-trabajo). Ambas tienen caminos convergentes, ya que dan cuenta del mismo fenómeno, pero con matizaciones particulares.

White(1999), establece una definición de modelos de identificación que consideran factores exógenos y endógenos a la formación de los subcentros, siendo los que estudian el empleo y su localización/deslocalización los exógenos y al contrario los endógenos se deben a la interacción entre las economías de aglomeración y los costos de transporte.

En esa lógica, Roca, et al (2010) y Muñiz, (2003) y (2005) establecen una clasificación de métodos basados en los criterios de identificación, desde las funciones de densidad, pero en ambos casos difieren en el análisis por sus diferentes aproximaciones. Mientras Muñiz (2003) comprueba que Barcelona es una ciudad policéntrica y presenta los riesgos de una expansión, sin ejercer un análisis crítico de los modelos, Roca et al (2010), presentan una conclusión contundente al asociar la identificación de los subcentros a la movilidad entre residencia y trabajo.

La Tabla 1, presenta una propuesta de organización en base a los métodos de identificación de subcentros, dejando de lado, los métodos que no cuentan con un rigor estadístico¹. Desde la familia de la densidad, observamos cinco métodos, que van desde la simple observación de los puntos con mayor valor de densidad, al establecimiento de umbrales de densidad al los basados en las regresiones paramétricas y no paramétricas, los que se refieren a os indicadores de econometría espacial. Por otro lado, los métodos basados en la movilidad de trabajadores, presentan un desarrollo más escaso, centrándose principalmente en los flujos de movilidad obligada (commuting) para su análisis. Un buen ejemplo de los primeros métodos lo encontramos en McMillen (2001) donde hace mención a las ventajas de los umbrales definidos por Gulianno y Small(1991), dado que al combinarlo con un conocimiento de la realidad a analizar, es fácil y eficaz. El objetivo de aquel estudio era incorporar efectos temporales, su discusión del caso de Chicago del 1970 a 2020 (McMillen y Lester, 2003), donde el modelo de umbrales es particularmente útil por su facilidad de utilización para una zona donde el corte del umbral es conocido. En el caso de la movilidad, los subcentros de la región metropolitana de Barcelona, Roca et al(2010), identificados como de protosistemas urbanos, en base a la máxima interacción entre ellos, rescatando a Gordon y Richardson (1986) y basados en el índice de interacción de Coombes y Openshaw(1982), resulta altamente ejemplificador de la potencia de esta familia de métodos.

El primer punto débil, desde este análisis, para identificar y validar los subcentros, es la estanqueidad de los métodos y su estructuración. Esto se entiende desde el poco dialogo y complementariedad que muestran al estar basados en variables netamente econométricas o las relacionadas con la movilidad. De hecho es común que los factores de lugares de trabajo localizados estén no diferenciados los trabajadores residentes y los trabajadores que llegan desde otros lugares o salen a trabajar a otros territorios con lo cual la forma de ver el subcentro pierde riqueza.

Una solución a esto sería la generación de medidas de densidad que permitan incorporar estas dimensiones, con lo cual esta pequeña salvedad, podría mejorar las estimaciones de de densidad de trabajo, permitiendo la identificación más certera de subcentros, donde los territorios más densos se encuentren definido desde varios ángulos.

La especialización de los métodos resulta también sujeto de controversia. Si bien es una ventaja que se especialice la técnica, en particular los modelos econométricos, resulta muy difícil su aplicación a varias realidades diferentes. De hecho, McMillen(2003), reconoce de forma certera que el método de Gulianno y Small, es el más fácil de ocupar para comparar ciudades, dado que su agregación permite el desarrollo de puntos anómalos de densidad. En ese sentido, la simpleza y parsimonia de un método de identificación resultaría muy atractiva si se combina con su eficacia. Desde esta perspectiva, los modelos de identificación y validación de subcentros, requieren de una adaptación y a su vez de una organización crítica de sus supuestos y validaciones.

¹ McMillen (2003), plantea una clasificación en dos ámbitos, uno de conocimiento empírico previo a la identificación, un segundo asociado a métodos con mayor rigor estadístico.

En una mirada crítica a la revisión del estado del arte, se plantea:

1. En primera instancia a pesar de que la densidad de empleo y los flujos de trabajadores son dos caras de un mismo proceso, ambas informaciones aportan aspectos cualitativos diferentes, el primero da cuenta, por ejemplo, de la intensidad con la que se usa el espacio de destino; mientras que el segundo la fuerza con la que se unen destinos y orígenes. Ambas familias han analizado estancamente estos aspectos y muy pocos esfuerzos se han hecho para generar criterios combinados movilidad-densidad.
2. La especialización de los métodos resulta también sujeto de controversia. Si bien es una ventaja que se especialice la técnica, en particular los modelos econométricos, resulta muy difícil su aplicación a varias realidades diferentes. De hecho, McMillen (2003), reconoce de forma certera que el método de Gulianno y Small, es el más fácil de usar cuando se quiere comparar ciudades. En ese sentido, la simpleza y parsimonia de un método de identificación resultaría muy atractiva si, además, fuese eficaz.
3. El tratamiento agregado de la densidad, no permite distinguir la densidad que se genera por los trabajadores (*commuters*) que llegan desde otras localizaciones, de aquella densidad endógena que se genera por la población ocupada que se queda a trabajar en el mismo sitio (*resident workers*); por esta razón no se puede, mediante este tratamiento agregado distinguir las localizaciones que son densas porque atraen un flujo importante de trabajadores pero a la vez retienen una cuantía importante (subcentros maduros que estructuran el territorio), de aquellas que son densas sin atraer prácticamente flujos (p.e.: un cuartel militar, es decir, accidentes de densidad sin relaciones estructurantes con su alrededor) ni de aquellos que son densos sin tener o retener a su población ocupada residente (p.e.: un polígono industrial)

4. Estudio de caso, datos y modelos

En este artículo se ponen en práctica la mayor parte de técnicas de identificación basadas en la densidad, tanto por umbrales, como por modelos econométricos; y además, se propone una nueva forma de ver la densidad, que permite subsanar la crítica del punto 3.

Nuestro caso de estudio es la Región Metropolitana de Barcelona: esta cuenta con 164 municipios, 3.200 kilómetros cuadrados, 551 kilómetros cuadrados artificializados². Se realiza un corte transversal con la información de los Lugares de Trabajo Localizados a nivel de municipios (LTL), obtenidos en base a la movilidad laboral consultada en el Censo de Población y Vivienda, realizado por INE en el año 2001. Estos Lugares de trabajo localizados se utilizan como sinónimo de empleo en la estimación de los modelos enunciados.

En la figura 2, se muestra la relación entre la densidad de trabajadores residentes (que es la cantidad de LTL que viven y trabajan en el municipio dividido por su superficie artificializada) y la densidad de trabajadores entrantes (que es la cantidad de LTL que trabajan en el municipio y vive fuera de este, dividido por su superficie). En ella se intuyen agrupaciones de municipios por sobre la línea de igualdad separando a los municipios conocidos como ciudades satélites de Barcelona, por ejemplo, Cornellà de Llobregat, Esplugues de Llobregat, en la parte superior y municipios reconocidos como centros urbanos consolidados, como Badalona, Mataró, y Sabadell, en la parte inferior.

Esto último, además de las críticas al estado del arte, sustentan la necesidad de construir una medida de densidad vectorial para los casos de estimación de curvas de regresión, correspondiendo a la norma de un vector entre la densidad de trabajadores residentes y entrantes, con miras a captar el efecto de los centros que de por sí son vertebradores del territorio y no solamente polígonos industriales, grandes centros de empleo, o ciudades dormitorio. En este trabajo se establecerá una primera aproximación a este fenómeno al considerar la norma del vector, es su forma cartesiana, compuesta por la densidad de trabajadores residentes y los entrantes.

² Se denominan artificializados, a los terrenos que cuentan con una transformación efectiva del suelo, por parte del Ser Humano. Este cálculo se hace según información de análisis espectral de las fotos satelitales, realizados en el CPSV-UPC.

Tabla 1. Organización de los modelos de identificación

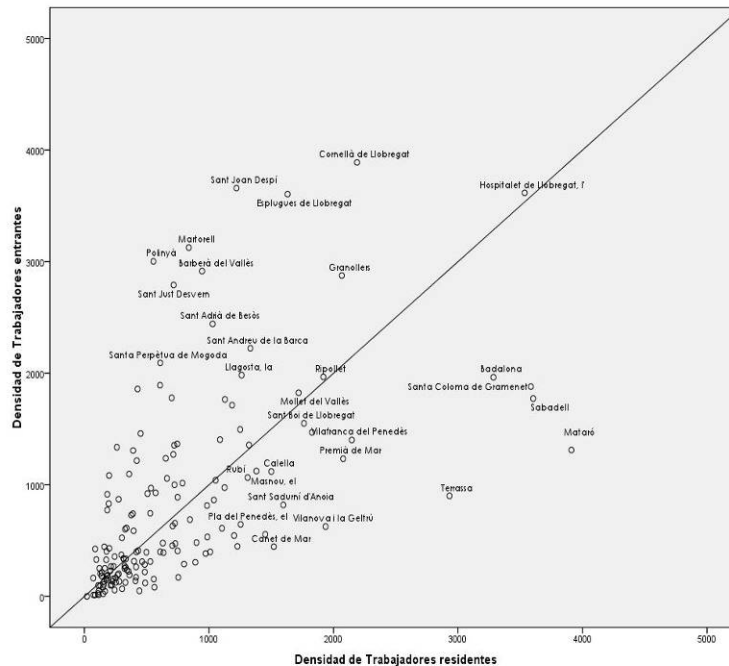
	Metodología	Referencia	Variable	Criterio
Densidad de abajadores o población	Picos de densidad de empleo en zonas contigua	McDonald (1987)	Densidad e Empleo y Población	Dos indicadores: Densidad bruta ocupación y ratio empleos-población
		McDonald y Mc Millen (1990)	Densidad e Empleo y Población	Identificación de picos de densidad mediante SIG
		Guliano y Small(1991)	Densidad de empleos	D empleo >25 empleos/ha Empleos >10.000
		Song (1992)	Densidad de empleos	D empleo>37 empleos/ha Empleos >35.000
		Cerveró y Wu(1997)	Densidad de empleos	D empleo>17 empleos/ha Empleos >10.000
	Umbrales	McMillen y McDons (1998)	Densidad de empleos	D empleo>25 empleos/ha Empleos >10.000 Gradiente desde subcentro, negativa y significativa
		Bogart y Ferry(1999)	Densidad de empleos	D empleo>20 empleos/ha Empleos >10.000
		McMillen y Lester (2003)	Densidad de empleos	De=15 empleos/acre L=10000
		Garcia Lopez(2007)	Densidad de empleos	LTL superior al 1% del sistema Densidad mayor a la media del sistema
	Métodos paramétricos	McDonald y Prather (1994) Roca (2010)	Densidad e Empleo y Población	Función exponencial negativa y residuos positivos significativamente>0
	Métodos no paramétricos	McMillen y McDons (1998)	Densidad de empleos	Estimación no paramétrica (LWR)distribución densidad bruta de empleo
		McMillen(2001)	Densidad de empleos	Estimación no paramétrica (LWR)distribución densidad bruta de empleo en dos etapas
	Econometría espacial	Baumont y Le Gallo(2004)	Densidad de empleo	Índices de Moran anormales en Análisis LISA
		Guillam(2004)	Densidad e Empleo y Poblacion	Índices de Moran Local y Total
Condiciones de movilidad laboral	Flujos de movilidad	Gordon Y Richarson(1986)	Flujos de commuting	Significancia de la movilidad de los subcentros Áreas con una densidad de generación de viajes> 0.8 desviación estándar
		Burns et al (2001)	Saldo viajes residencia-trabajo	Saldo neto positivo
		Roca (2010)	Flujos de commuting	Agregación Índices de interacción para definir protosistemas

Fuente: Elaboración propia en base a Roca, *et al* (2010), Muñiz(2003)

Para la identificación de los subcentros, se seleccionan 10 metodologías, que se muestran en la Tabla 1, donde se obtienen los 10 grupos de candidatos a subcentros metropolitanos. La singularidad de la densidad de trabajadores localizados, la influencia que tiene sobre el entorno y su acción en territorio, manteniendo el criterio de Roca, *et al*. (2007).

Los principales avances de esta investigación nacen de la generación de un modelo de identificación y análisis de subcentros metropolitanos integrando varias familias de metodologías y tratándolas en el mismo nivel.

Figura 1. Densidad de trabajadores residentes v/s trabajadores entrantes



Fuente: Elaboración propia

Para la aplicación se establecieron dos etapas, donde interactúan las estimaciones que miden fenómenos de densidad y movilidad o sea se encuentran metodologías de identificación y validación por ambos métodos, y se validan a su vez de forma integrada, tal como se observa en la figura N°3.

En base a la definición de subcentro, se establece en una aproximación a su medición, identificación y validación, por medio de criterios expuestos, donde se observa que cada una de las etapas es coherente con la definición aceptada.

Los plantean problemas importantes en la estimación de los valores inmobiliarios, ya que se puede augurar que los modelos de subcentros por densidades de trabajadores y precios de vivienda, están espacialmente desfasados, o sea en la medida que aumente la masa de trabajadores, disminuirá la vivienda. Guardando principal interés el desarrollo de modelos que sean robustos y que pretendan explicar de mejor forma el fenómeno o fenómenos a tratar.

En ese sentido, resulta conveniente establecer algunas condiciones de aceptación para los modelos de densidades y precios. La primera, nace de la naturaleza de los métodos de estimación involucrados, en primera instancia, se busca determinar una función de gradiente negativa y exponencial negativa, al menos, en los modelos de densidad.

Para ello este análisis se realizara mediante una estimación de máxima verosimilitud, donde se evaluará la normalidad y media de los residuos, y que los factores sean significativos. Estas curvas permitirán encontrar los puntos de mayores residuos positivos y en ellos identificar candidatos a subcentros.

Al contrario, en los modelos de precios hedónicos, se utilizará los mínimos cuadrados ordinarios y los modelos de Spatial Lag, OLS ponderados y Spatial error. En todos ellos, se evaluara su ajuste, la consistencia teórica de los estimadores, la significancia de la regresión y sus estimadores, la no multicolinealidad de estimadores y la heterocedasticidad de los residuos.

Tabla 2. Organización de los modelos de identificación. Propuestas a evaluar

Familia	Referencia	Nombre	Variable Base	Criterio
Densidad	McDonald y Prather (1994)	Modelos de regresión paramétricas Exponenciales Logarítmicas y gravitacionales	Densidad e Empleo y Población	Función exponencial y gravitatoria, negativa y residuos positivos mayores a una desviación estándar
	Guliano y Small(1991)	Umbrales	Densidad de empleos	D empleo>25 empleos/he Empleos >10.000
	Garcia Lopez(2007)	Umbrales	Densidad de empleos	LTL superior al 1% del sistema Densidad mayor a la media del sistema
	Anselin,(2001) Mc Millen (2004)	Regresiones no paramétricas Spatial Lag	Densidad de empleos	Función exponencial(LN) negativa y residuos positivos mayores a una desviación estándar
	Isard(1957)	Modelo gravitacional restringido en origen	Flujos de trabajadores	Municipios que presenten más flujos o LTL que los asignados por el modelo

Fuente: Elaboración propia con base en Roca, *et al* (2010),Muñiz(2003), Aguirre(2009)

Tabla 3. Asociación de la definición de sub-centro a la metodología empleada

Dimensión	Etapas de aplicación	Forma de aplicación(Criterio)	Medio de comprobación
Un punto singular de densidad	Identificación de candidatos	Puntos anómalos de densidad	Set de subcentros
Que ejerce un aumento en la densidad de su entorno.	Validación	Aumento del R ² de una regresión paramétrica o espacial	Mantos de densidad según regresiones paramétricas
Que es un vertebrador del territorio metropolitano	Identificación	Recepción de mas flujos de los estimados por un modelo metropolitano	Set de subcentros gravitatorio
	Validación	Ranking de los Indicadores Aumento de R2 en una regresión hedónica	Indicadores de movilidad, interacción. Regresión de precio hedónico, explicación del los precios en base a la presencia de los subcentros

Fuente: Elaboración propia

5. Resultados y discusión

Los diferentes métodos establecidos, se identificaron diferentes grupos de subcentros, asociados cada uno de los criterios expuestos en la Tabla N° 2. Tal como se esperaba, los modelos con la densidad vectorial, establecen un número diferente de subcentros que los de densidad de LTL habitual.

Los modelos exponenciales, no muestran una diferencia significativa entre los candidatos a subcentro según la densidad de LTL y la Vectorial, ya que cuentan con la misma cantidad de subcentros identificados y solo presentan un municipio de diferencia: L'Hospitalet de Llobregat.

Además los modelos estimados no son eficientes en la generación de un punto inicial con residuo bajo y que permita la conformación del manto de densidad, ya que en CBD debe ser el origen de la regresión exponencial y en particular el punto asintótico de la función exponencial negativa, replicando una condición de monocentrismo.

Los modelos exponenciales gravitacionales muestran resultados muy diferentes cuando se calibran con densidad de LTL o vectoriales. En el caso de la densidad, el modelo elige zonas compactas donde aparecen agrupaciones de municipios que forman subcentros.

Este proceso queda más en evidencia, al analizar la regresión de la densidad vectorial, donde se identifican algunos de estos municipios, que forman aquellas zonas. Por otro lado, ambos modelos eliminan Barcelona como subcentro, ya conforman su ecuación en base a este punto.

En ese sentido, se puede establecer que los modelos exponenciales gravitacionales son más eficientes en la generación de la curva de referencia monocéntrica exponencial.

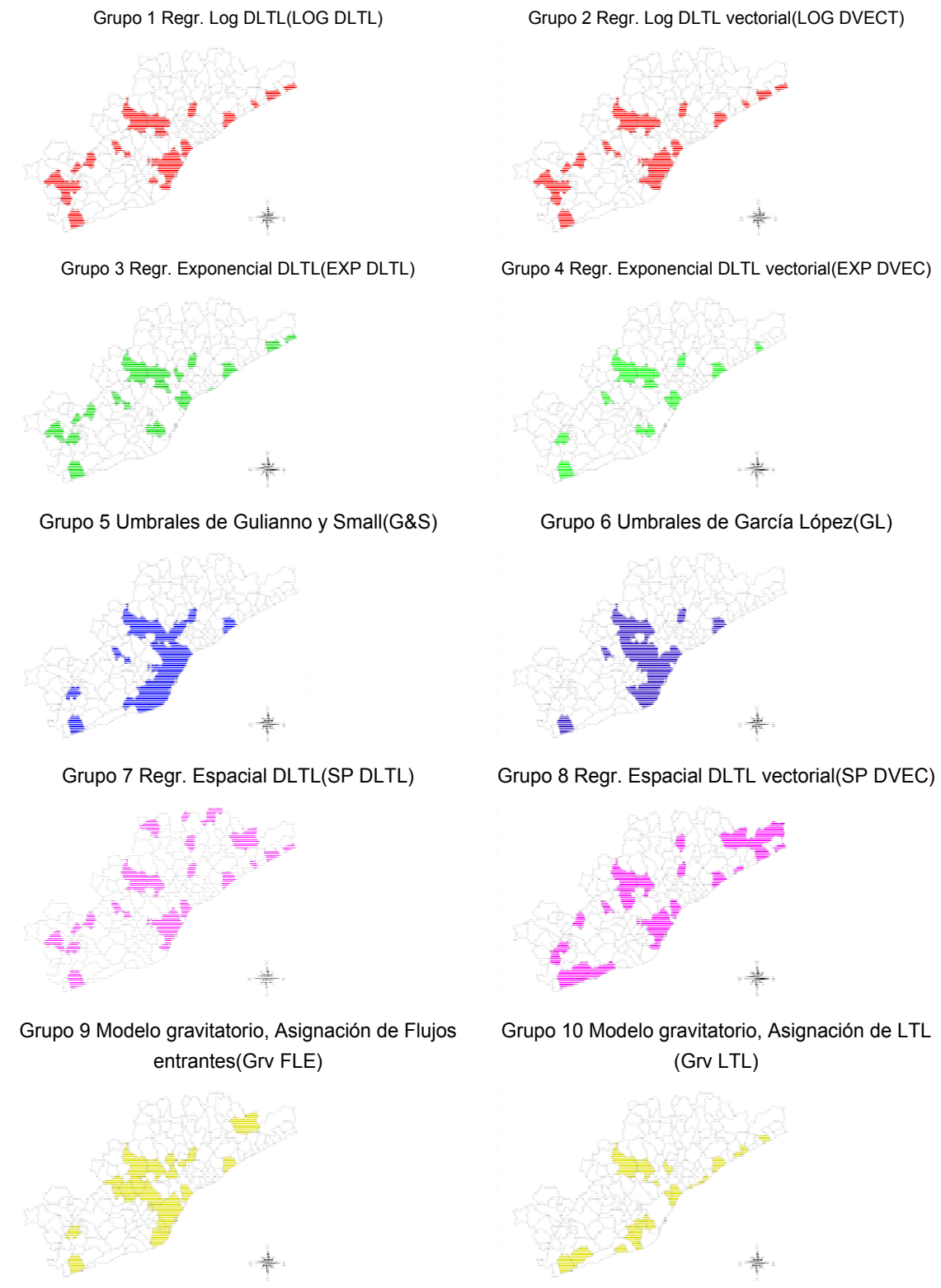
Hay municipios (5) que son elegidos por todas las metodologías, Badalona, Mataró, Sabadell, Terrassa, Villanova y la Gertrú. Los que son elegidos en 9 son Granollers y Martorell, y por 8, solamente el de Vilafranca del Penedés. (figura N°4 y tabla n°4)

De los elegidos por más de 5 métodos, se observa que los modelos espaciales, eliminan a los municipios del continuo urbanizado de Barcelona y los métodos de umbrales y gravitacionales, no seleccionan los municipios más alejados y que son identificados por los métodos de regresión.

Un caso especial es el de Santa Coloma de Gramanet que es seleccionada como subcentro por 5 métodos, donde los modelos de flujos, regresiones exponenciales y espaciales no la seleccionan. Al analizar los que son elegidos por menos de 5 métodos, se observa una formación en dos ámbitos, el primero, entre los subcentros anteriores y alejados, estos municipios alejados de Barcelona, son seleccionados por los métodos de movilidad y espaciales, ya que sus métodos han considerado el efecto que presentan sobre su entorno.

Mediante el proceso de validación de los subcentros identificados (Aguirre, 2009), se determina que el grupo más eficiente de subcentros para las dimensiones establecidas anteriormente. Como se observa en la tabla n° 5, el grupo que cumple todas las alternativas es el grupo n° 4, con 15 subcentros, que se muestran la figura n° 3.

Figura 2. Subcentros de la RMB, según el método elegido



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Candidatos a subcentros seleccionados

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	
Municipio	LOG DTL	LOG DVEC	EXP DTL	EXP DVEC	G&S	GL	SP DTL	SP DVEC	Grv FLE	Grv LTL	Resumen
Badalona	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Mataró	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Sabadell	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Terrassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Vilanova i la Geltrú	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Granollers	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9
Martorell	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9
Vilafranca del Penedès	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	8
Cornellà de Llobregat	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	7
Hospitalet de Llobregat, l'	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	7
Calella	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	6
Pineda de Mar	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	6
Sant Andreu de la Barca	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	6
Malgrat de Mar	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	5
Sant Sadurní d'Anoia	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	5
Santa Coloma de Gramenet	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	5
Canet de Mar	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	4
Pla del Penedès, el	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	4
Polinyà	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4
Puigdàlber	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	4
Sant Joan Despí	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	4
Sant Martí Sarroca	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	4
Barberà del Vallès	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	4
Esplugues de Llobregat	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	3
Mollet del Vallès	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	3
Prat de Llobregat, el	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	3
Rubí	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	3
Sant Boi de Llobregat	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	3
Sant Celoni	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	3
Santa Margarida i els Monjos	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3
Arenys de Mar	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Garriga, la	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
Pacs del Penedès	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Parets del Vallès	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2
Premià de Mar	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Ripollet	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Sant Adrià de Besòs	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
Sant Cugat del Vallès	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2
Sant Pere de Ribes	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Santa Perpètua de Mogoda	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2
Cerdanyola del Vallès	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
Viladecans	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
Abrebra	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Aiguafreda	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Castellbisbal	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Castelldefels	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Castellterçol	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Gavà	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Masnou, el	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Montcada i Reixac	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Montseny	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Palau-solità i Plegamans	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Vilassar de Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Sitges	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Tordera	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Badia del Vallès	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Totales	22	22	26	15	25	15	22	20	19	24	

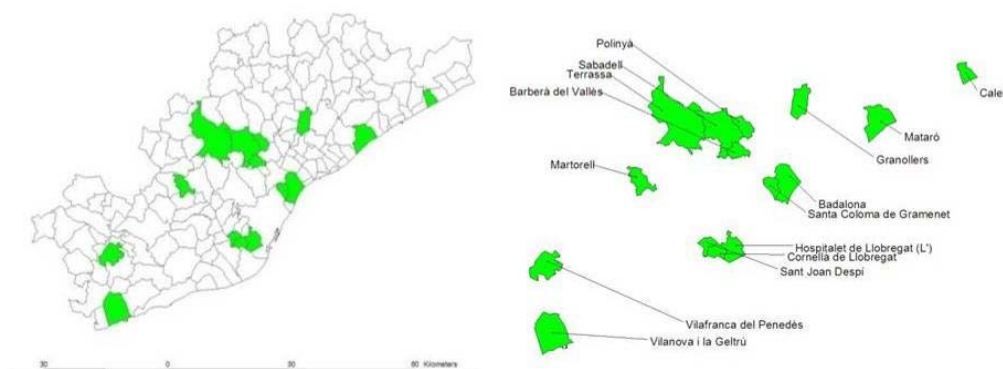
Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Resumen de Validaciones para cada grupo de subcentros

Grupo	Densidad		Movilidad			Precios		
	Puntos anómalos de densidad	Aumento del R^2 de una regresión paramétrica o espacial	Ranking de Mov Absoluta	Ranking de los Indicadores	Interacción	Diferencia entre los valores	Aumento de R^2 en una regresión hedónica, signo y significancia del coeficiente	Aumento de R^2 en una regresión hedónica espacial, signo y significancia del coeficiente
Grupo 1 LOG DLT	Si	Si	4	1	4	No	No	No
Grupo 2 LOG DVECT	Si	Si	5	2	3	No	No	Si
Grupo 3 EXP DLT	Si	Si	5	5	7	No	No	Si
Grupo 4 EXP DVEC	Si	Si	1	1	6	Si	Si	Si
Grupo 5 G&S	Si	Si	3	5	5	Si	No	No
Grupo 6 GL	Si	Si	2	2	8	Si	Si	No
Grupo 7 SP DLT	Si	Si	6	4	9	No	No	No
Grupo 8 SP DVEC	Si	Si	6	3	1	No	No	Si
Grupo 9 Grv FLE	Si	No	3	7	2	Si	No	Si
Grupo 19 Grv LTL	Si	No	7	7	4	Si	Si	Si

Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Subcentros identificados y validados



Fuente: Elaboración propia

Se construye una regresión múltiple de precio hedónico donde se incorporan las variables de accesibilidad, como distancias al CBD y a los subcentros, además de variables sociales, como el ingreso y de externalidades ambientales. La aproximación de los valores residenciales se hace sobre la base de datos de CATSA a nivel de municipio, donde se separa según la antigüedad de bien inmueble y se entrega un valor medio por municipio para viviendas nuevas y usadas. Asimismo, se incorpora la información del censo de vivienda de INE de 2001, por tal de establecer las condiciones medias de la vivienda en esos municipios.

el caso de estudio, las curvas de distancia, si bien cuentan con una gradiente negativa, de observan diferencias. Los valores de densidad y precios, están correlacionados de forma positiva, pero en sus valores se observan anomalías importantes. Por ejemplo, hay grandes zonas de baja densidad, pero de precios medios, fuera de ello, las masas de trabajadores son bajas.

Para el primer vector, de accesibilidad, se contó con la base de distancias óptimas entre municipios, por carretera, utilizada en los modelos de identificación. Para el segundo vector, de condiciones ambientales urbanas, se contó con la información del Censo de 2001, donde se estipulan las condiciones de la edificación, en porcentaje para cada municipio, y las superficies obtenidas de las bases de datos de CPSV. Asimismo, el tipo de actividad económica fue introducido como proxy de las externalidades

positivas que irradian los servicios y las negativas de la industria. En este mismo sentido una variable dummy ha sido creada para distinguir a los municipios costeros de los de interior.

Tabla 10. Resultados regresión MCO

Model Summary(b)					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	0.864	0.747	0.739	141.097	2.013
a Predictors: (Constant), Distancia Mínima a Subcentro, Componente 1 Socioprofesional, LN Equipamiento en superficie municipal, Zona de Costa, Distancia a Barcelona					
b Dependent Variable: Valor medio Tasaciones propiedades					

	β_1	Std. Error	β_2	t	Sig.	Tolerance	VIF
1 (Constant)	1443.517	38.436		37.557	0.000		
Distancia a Barcelona	-8.348	1.040	-0.463	-8.030	0.000	0.492	2.032
Componente 1 Socioprofesional	101.073	12.398	0.366	8.152	0.000	0.809	1.236
Zona de Costa	161.915	32.432	0.223	4.992	0.000	0.818	1.222
LN Equipamiento en superficie municipal	31.685	9.342	0.194	3.392	0.001	0.501	1.997
Distancia Mínima a Subcentro	-1.118	1.481	-0.031	-1.980	0.000	0.979	1.021

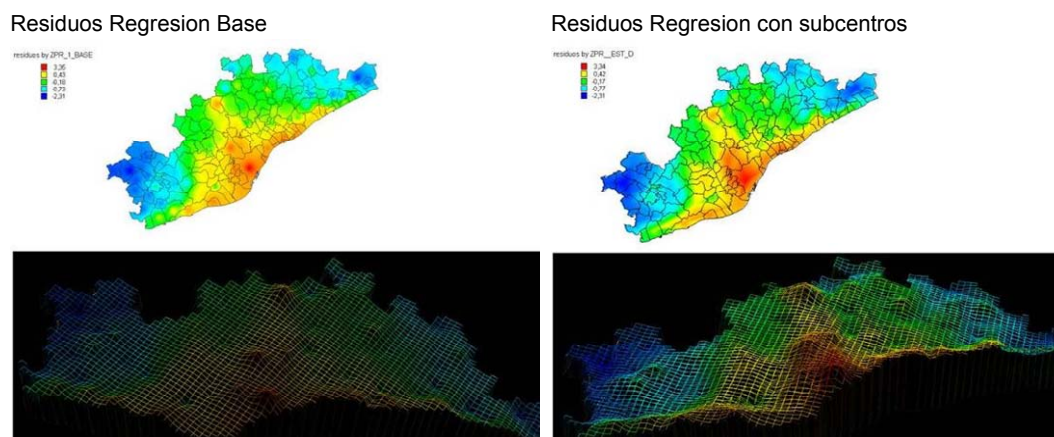
a Dependent Variable: Valor medio Tasaciones propiedades

Fuente: Elaboración propia

Por último, para el tercer vector, de las condiciones sociales se consideró el nivel de educación y la ocupación de los residentes según información del Censo. Como muchos de estos valores se encuentran altamente correlacionados, se realizan análisis factoriales para sintetizar lo más posible la información de los vectores sociales, reduciendo las variables mediante tres análisis factoriales de las variables asociados a la explicación de los grupos de trabajadores por cada municipio, a las características de los residentes según su formación profesional y las clases socio-profesionales, además de los valores de rentas medias y en valor medio del impuesto de a la renta para personas individuales. La variable explicada, es el valor medio por m2 de las viviendas plurifamiliares nuevas de las tasaciones inmobiliarias proporcionados por el CPSV, con base a la información de CATSA, a nivel municipal.

La regresión aceptada se muestra en la Tabla nº 10, observándose que los valores de los coeficientes la distancia a Barcelona, considerado el CBD, siguen primando por sobre los de los subcentros seleccionados. Sin embargo, el hecho de que a distancia sea significativa y sin multicolinealidad con los otros factores, resulta desde ya promisorio. Si comparamos los residuos espacializados (figura nº4) de ambas regresiones, con y sin subcentros, se observa que estos se minimizan en al incorporar los subcentros en la regresión, dejando todo el resto constante.

Figura 4. Comparación de los residuos sin estandarizar



Fuente: Elaboración propia

Entonces, como ya se probó que la mayoría de los modelos mejoraban sus indicadores al cambiar el modo de estimación por una regresión espacial, el ajuste de pearson al cuadrado mejora en cerca de 20 puntos (Tabla N° 11), disminuyendo los coeficientes asociados a las distancias tanto al CBD como a los subcentros. (Tabla nº12). Asimismo, se observa un valores de coeficiente de moran, menores en estas variables que en las otras, permitiendo inferir que los valores que se autocorrelacionan espacialmente con mayor fuerza son los atributos de la vivienda y las zonas, confirmando la segmentación geográfica de los mercados inmobiliarios. En ese sentido, el estimado el modelo por spatial lag, permitiría establecer de mejor forma la gradiente desde subcentro y el CBD.

Tabla 11. Resultados regresión Spatial lag

R-squared	:	0.769838	Log likelihood	:	-1015.65
Sq. Correlation	:	-	Akaike info criterion	:	2045.3
Sigma-square	:	17429.1	Schwarz criterion	:	2066.87
S.E of regression	:	132.019			

Variable	Coefficient	Std. Error	z-value	Probability
W_P2001	0.360604	0.1024991	3.518119	0.0004347
CONSTANT	896.7949	158.8065	5.64709	0.0000000
DIST_BCN	-4.414839	1.47085	-3.001556	0.0026862
FAC1_SOCIO	97.77399	11.67781	8.372629	0.0000000
COSTA	130.9052	30.7398	4.258492	0.0000206
LN_EQUIPA	36.03677	8.811857	4.089577	0.0000432
DMIN	-1.059666	1.385734	-3.7646962	0.0003523

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Comparación de Coeficientes

Modelo	<input type="checkbox"/> Distancia al CDB	<input type="checkbox"/> Distancia mínima a los subcentros
MCO con subcentros	-8,378	-1,118
Spatial Lag con subcentros	-4,414	-1,059

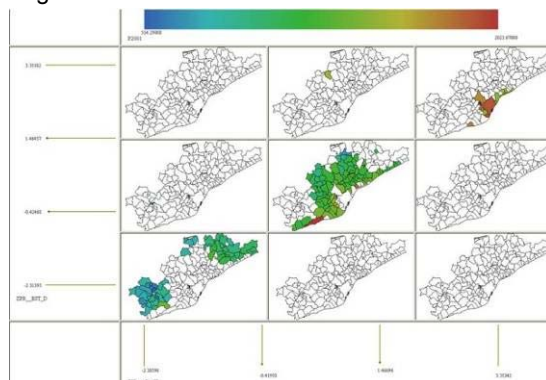
Fuente: Elaboración propia

Al comparar los residuos de ambas regresiones por partes, espacializados, se observa que la regresión spatial lag, mejora significativamente la estimación de los municipios a una mediana distancia del CBD. Sin embargo, no es eficiente en determinar a los municipios de Sitges, Matadepera, que responden a otros fenómenos no considerados en esta investigación y que abren paso para los próximos pasos a desarrollar.

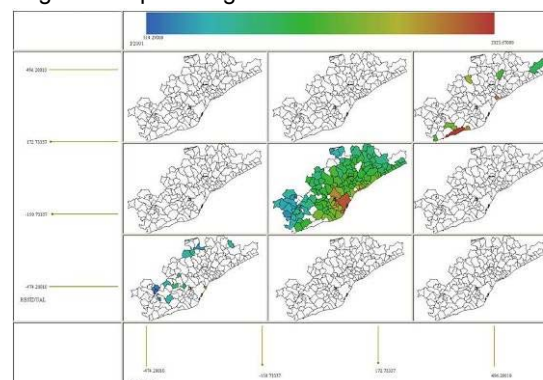
Figura 5. Comparación espacial de los residuos sin estandarizar

Regresiones con y sin subcentros

Regresión tradicional MCO



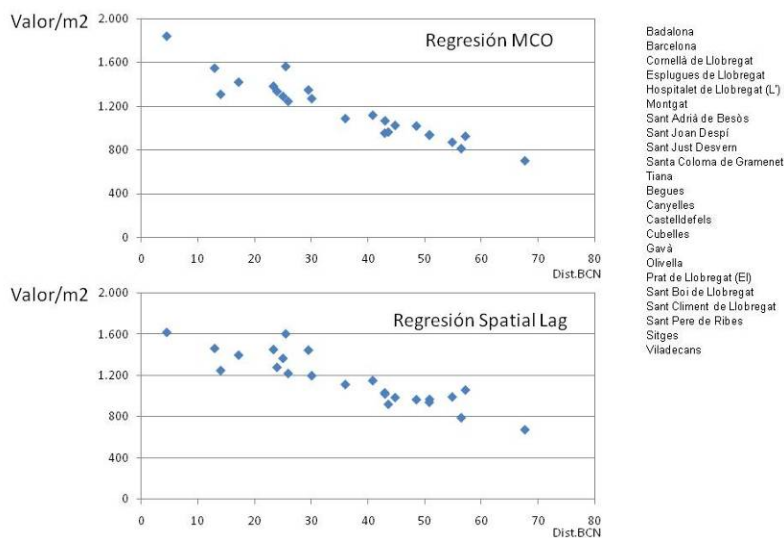
Regresión Spatial lag



Fuente: Elaboración propia

Al evaluar los resultados de la regresiones, consideremos los municipios ubicados en el primer eje de transporte desde el CBD, como se observa en la figura n°6. En ambos casos, se observa una clara gradientes desde el CBD, siendo más clara en el modelo de estimación espacial lag.

Figura 6. Comparación de valores estimados por el modelo



Fuente: Elaboración propia

6. Conclusiones

La identificación y selección de los subcentros urbanos en un ámbito metropolitano, debe contar de diversas dimensiones, y ser observado desde todas ellas. Según el modelo de Alonso y Mills, la ubicación de estos centros laborales define en la estructuras de las rentas del suelo en un entorno urbano, el trabajo de Muth, lo relaciona con la densidad de trabajadores y genera el modelo exponencial negativo, ampliamente utilizado en la literatura

La investigación buscó desarrollar una propuesta de clasificación de modelos de identificación basada en la definición de subcentros y no en las metodologías existentes, estableciendo los subcentros laborales en la Región Metropolitana de Barcelona y aplicó un método de validación en base a tres ejes, la explicación de la densidad de los vecinos, la movilidad o su capacidad de estructurar flujos y viajes, y por ultimo su impacto en los precios de situación de la vivienda. Además explora la formación de densidades que intenten captar las aspectos de la movilidad, como la Densidad Vectorial.

De manera general, para la región metropolitana de Barcelona se ha identificado un grupo de 15 subcentros, correspondiente a los residuos positivos de una regresión paramétrica exponencial negativa. Este grupo, demuestra ser el más eficaz en términos generales, al explicar los mantos, la movilidad y los precios.

La densidad vectorial resultó más eficaz y eficiente en la determinación de subcentros metropolitanos, muestra que es verdadera en los modelos exponenciales gravitatorios y los modelos espaciales, por lo cual se aprueba. Sin embargo, el modelo clásico de regresión exponencial logarítmica, su diferencia no es mayor y de hecho funciona casi de manera equivalente al modelo de densidad tradicional.

Los valores de viviendas tiene relación con las distancias o accesibilidades a los subcentros y por tanto, puede medir la eficiencia de un grupo de candidatos a subcentro, es la hipótesis controvertida, ya que de apropiada pueden establecer una relación de validación de los subcentros urbanos, pero las segmentación de los mercados de la vivienda y por ende su cambio en los atributos de la vivienda, más allá de su ubicación, en el micro y macro entorno, han de jugar un papel decisivo en el precio. Además el

caso de estudio presenta una correlación entre las variables y la distancia Barcelona con lo cual, la mayoría de los modelos son rechazados por multicolinealidad, sin embargo, los modelos que se aceptan y que se presentan mejores, son consecuentes con las validaciones anteriores, por lo cual, se estima que son los más robustos.

El grupo de subcentros aceptado resulta ser el numero 4, con una regresión exponencial negativa, donde podemos observar una pendiente de precios desde los subcentros de -1,118 para la regresión normal y -1,059 para la corregida por spatial lag.

Bibliografía

- Alonso**, W. (1964), *Location and Land Use*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Aguirre**, C., Ramos, R., (2005), Impacto del ruido urbano en el valor de los departamentos nuevos: un estudio de precio hedónico aplicado a bienes ambientales. *Revista de la Construcción*, volumen 4, número 1, páginas 59-69.
- Bertaud**, A. (2002) The Spatial Organization of Cities: Deliberate Outcome or Unforeseen Consequence?" *World Development Report*, Dynamic Development in a Sustainable World. Background Paper.
- Burns**, M., Moix, M., Roca, J. (2001): Contrasting Indications of Polycentrism within Spain's Metropolitan Urban Regions, *Eighth European Estate Society Conference, Alicante, Junio 26-29*.
- Coombes**, M., Openshaws, S. (1982): The use and definition of travel-to-work areas in Great Britain: some comments", *Regional Studies*, 16, 141-149.
- Craig**, S.G., NG, P.T. (2001) Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Subcentres in a Multicentric Urban Area, *Journal of Urban Economics*, 49, pp. 100-120.
- Fujita**, M., Krugman, P., Venables, P.(2000), *Economía Espacial*, Las ciudades, las regiones y comercio internacional", 1era Edición, Ariel Economía, Barcelona.
- García-López**, M.A. (2007): Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona, *Architecture, City & Environment*, 4, pp. 519-553.
- Giuliano**, G., Small, K.A. (1991), Subcenters in Los Angeles Region, *Regional Science and Urban Economics*, 21, 163-182.
- Gordon**, P., Richardson, H.W.(1996), Beyond Polycentricity. The Dispersed Metropolis, Los Angeles, 1970-1990, *Journal of the American Planning Association*, Vol 62, nº 3, pp. 289-295
- Heikkilä**, E., Gordon, P., Kim, J.I., Peiser, B., Richardson, H.W.y Dale-Johnson, D. (1989): What happened to the CBD-Distance Gradient?: land values in a polycentric city, *Environment and Planning A*, 21, pp. 221-232.
- Marmolejo**, C., Roca, J.(2006) : Hacia un modelo teórico del comportamiento espacial de las actividades de oficina. *Scripta Nova*. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales. Barcelona: Universidad de Barcelona, 15 de julio de 2006, vol. X, núm. 217. Recuperado. Octubre 2008
- McDonald**, J.F. (1987): The Identification of Urban Employment Subcenters, *Journal of Urban Economics*, 21, pp. 242-258.
- McDonald**, J.F.; McMillen, D.P. (1990): Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: the Case of Chicago, *Environment and Planning A*, 22, pp. 1561-1574.
- McDonald**, J.F.; McMillen, D.P.(1998) "Land values, land use, and the first Chicago Zoning Ordinance, *Journal of Real Estate Finance and Economics* Vol. 16, nº 2, pp. 135-150.
- McDonald**, J.F., McMillen, D.P. (2007), *Urban economics and real estate: theory and policy*, Blackwell, Malden MA, Boston USA. PP 640.
- McMillen**, D.P. (2003) Identifying Subcentres Using Contiguity Matrices, *Urban Studies* Vol. 40, nº 3, pp. 57-69.
- McMillen**, D.P. (2001): "Non-Parametric Employment Subcenter Identification", *Journal of Urban Economics*, 50, pp. 448-473.
- McMillen**, D.P. (1996): "One Hundred Fifty Years of Land Values in Chicago: A Nonparametric Approach", *Journal of Urban Economics*, 40, pp. 100-124
- McMillen**, D.P.; McDonald, J.F. (1997): "A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City", *Journal of Regional Science*, 37, pp. 591-612.
- Muñiz**, I. (2003) "¿Es Barcelona una ciudad policéntrica?"; Working Paper 03.09; Departament de Economia Aplicada; UAB.
- Muñiz**, I.; Galindo, A.,(2005) Descentralisation, integration and polycentrism in Barcelona ,Working paper,05.12 del departamento de Economia Aplicada Univerdidad Autónoma de Barcelona.
- Muth**, R. (1969). *Cities and Housing*. Chicago: University of Chicago. Chicago, Illinois, Estados Unidos.
- Roca** J. (1988) "La Estructura de valores urbanos un análisis teórico-empírico, 1era edición, Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.
- Roca**, J. Marmolejo, C; Moix, M; (2010),"Estructura Urbana y Policentrismo. Hacia una redefinición del concepto", *Urban studies* (Forthcoming)
- Roca**, J.; Moix, M; (2005),"Cap a una nova organització territorial de Catalunya" Research paper, 5-2004, Centro de Política de suelo y valoraciones, Universidad Politécnica de Cataluña.
- Redfearn**, C.L. (2007): "The Topography of Metropolitan Employment: Identifying Centers of Employment in a Polycentric Urban Area", *Journal of Urban Economics*, 61, pp. 519-561
- Shearmur**, R.; Coffey, W.J. (2002): "A Tale of Four Cities: Intrametropolitan Employment Distribution in Toronto, Montreal, Vancouver, and Ottawa-Hull, 1981-1996", *Environment and Planning A*, 34, pp. 575-598.
- Song**, S. (1994): Modelling Worker Residence Distribution in the Los Angeles Region, *Urban Studies* 31, pp. 1533-1544.
- White**, M.J. (1976): Firm Suburbanization and Urban Subcenters. *Journal of Urban Economics*, 3, pp. 323-343.

